

⑤①

Int. Cl. 2:

G01J 1/44

①⑨ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DT 24 46 610 A1

①①

Offenlegungsschrift 24 46 610

②①

Aktenzeichen:

P 24 46 610.2-52

②②

Anmeldetag:

30. 9. 74

④③

Offenlegungstag:

1. 4. 76

③①

Unionspriorität:

③② ③③ ③①

—

⑤④

Bezeichnung:

Einrichtung zur quantitativen Messung der Energie von Lichtimpulsen
oder der mittleren Leistung von Dauerlicht

⑦①

Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

⑦②

Erfinder:

Fürch, Günter, Dipl.-Ing., 8031 Gröbenzell

Prüfungsantrag gem. § 28b PatG ist gestellt

ORIGINAL INSPECTED

④ 3.76 609 815/706

12/70

2446610

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

München den, 30.9.1974
Wittelsbacherplatz 2

VPA 74/7206

Einrichtung zur quantitativen Messung der Energie von
Lichtimpulsen oder der mittleren Leistung von Dauerlicht

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einrichtung zur quantitativen Messung der Energie von Lichtimpulsen oder der mittleren Leistung von Dauerlicht insbesondere von Gas- und Festkörperlasern mit wenigstens einem im Strahlengang des Lichts angeordneten optoelektrischen Wandler und mit einer an dessen Ausgang angeschlossenen Elektronik-einrichtung.

Eine Einrichtung der eingangs genannten Art ist bekannt und ist in der DT-OS 1 137 607 veröffentlicht und beschrieben. Es handelt sich dabei um eine Anordnung zur Auswertung einmaliger kurzer Lichtimpulse nach dem Abtasttheorem. In der genannten Einrichtung ist ein verlustarmes optisches Reflexionssystem vorgesehen, in dem der Lichtimpuls in eine Impulsserie umgewandelt wird. In den Strahlengang der aus dem optischen Reflexionssystem austretenden Impulsserie ist der optoelektrische Wandler, wie z.B. ein Fotodetektor, eingefügt. An den Ausgang des Wandlers ist eine Sampling-Elektronik - beispielsweise ein Sampling-Oszillograph - angeschlossen. Mit der Einrichtung können beispielsweise einmalige Laser-Riesenimpulse mit einem schnellen Sampling-Oszillographen ausgewertet werden.

VPA 9/730/1022
Ed/Hth

-2-

609814/0706

2446610

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, mittels der die Energie von Lichtimpulsen bzw. die mittlere Leistung von Dauerlicht laufend gemessen und angezeigt werden kann.

Die Aufgabe wird durch eine Einrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Elektronikeinrichtung wenigstens einen auf Null rücksetzbaren Integrator und wenigstens ein als Sample- und Holdstufe arbeitendes Momentanwertspeicherpaar aufweist, wobei der Ausgang des optoelektrischen Wandlers, erforderlichenfalls über einen Strom-Spannungswandler und/oder einen Spannungsverstärker, mit einem Signaleingang des Integrators und der Ausgang des Integrators mit einem Signaleingang des Momentanwertspeicherpaares verbunden ist und daß eine Triggerschaltung vorhanden ist, deren Eingang an einen Impulsgeber angeschlossen ist und die ausgangsseitig mit Steuereingängen des Integrators und des Momentanwertspeicherpaares verbunden ist, wobei die Triggerschaltung zu Beginn eines jeden vom Impulsgeber erzeugten Impulses wenigstens ein Signal abgibt, welches den Integrator aktiviert, die Samplestufe des Momentanwertspeichers in Aufnahmезustand und die Holdstufe auf Speicherzustand setzt und die bei Beendigung eines jeden Impulses wenigstens ein Signal abgibt, das den Integrator auf Null zurücksetzt, die Samplestufe auf Speicherzustand und die Holdstufe in Aufnahmезustand versetzt.

Vorzugsweise werden die aktiven Zustände und die Ruhezustände des Integrators und der Sample- und Holdstufe über elektronische Schalter gesteuert, wobei ein erster Schalter parallel zum Rückkopplungskondensator des Integrators, ein zweiter Schalter in den Eingang der Samplestufe und ein dritter Schalter in den Eingang der Holdstufe geschaltet ist.

Vorteilhafterweise besteht in diesem Falle die Triggerschaltung aus zwei in Reihe geschalteten Kippstufen, wobei die zweite Kippstufe das zur ersten Kippstufe invertierte Signal abgibt und wobei der Ausgang einer Kippstufe mit den elektronischen Schaltern des Integrators und der Samplestufe und der Ausgang der anderen Kippstufe mit dem elektronischen Schalter der Holdstufe verbunden ist.

VPA 9/730/1022 609814/0706

2446610

Zur Messung der mittleren Leistung von Dauerlicht ist es notwendig, daß der Impulsgeber Impulse von konstanter Impulsdauer erzeugt.

Bei der Messung der Energie von Lichtimpulsen ist es von Vorteil, wenn der Eingang der Triggerschaltung an den Signaleingang des Integrators angeschlossen ist. In diesem Fall bildet der optoelektrische Wandler selbst den Impulsgeber. Die gesamte Einrichtung wird dabei durch die Lichtimpulse selbst getriggert.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Einrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß an den Ausgang des Momentanwertspeicherpaares ein Mittelwertbildner angeschlossen ist. Am Ausgang dieses Mittelwertbildners steht andauernd die mittlere Energie der gemessenen Impulse oder die mittlere Leistung des Dauerlichts zur Verfügung. Gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der optoelektrische Wandler im reflektierten Strahlengang einer im Strahlengang des zu messenden Lichtes angeordneten, aus wenigstens einem Strahlteilerspiegel oder -würfel bestehenden Strahlteileroptik angeordnet. Der Vorteil dieser Weiterbildung besteht darin, daß der Hauptstrahlengang während des Meßvorgangs nicht unterbrochen wird, so daß keine besondere Meßzeit notwendig ist. Die Abschwächung des durch die Strahlteileroptik tretenden Lichtes kann kleingehalten werden und kann bei der Auswertung des Meßergebnisses rechnerisch leicht berücksichtigt werden.

Vorteilhaft ist es, insbesondere bei Messungen an Laserstrahlen und bei Verwendung eines Fotoelements als optoelektrischen Wandler, wenn die Strahlteileroptik eine Streuscheibe und ein Graufilter aufweist, die beide zwischen Strahlteilerspiegel oder -würfel und dem optoelektrischen Wandler im reflektierten Strahlengang angeordnet sind. Die Anordnung hat den Vorteil, daß die gesamte fotoempfindliche Fläche des optoelektrischen Wandlers beleuchtet werden kann.

VPA 9/750/1022

609814/0706

2446610

Des weiteren wird die örtlich verschiedene Intensität des Strahles weitgehend ausgeglichen.

Vielfach sind die fotoempfindlichen Flächen der optoelektrischen Wandler nicht kreisförmig sondern rechteckförmig, während der Strahlquerschnitt kreisförmig ist. Um für diesen Fall eine möglichst gute Ausleuchtung des Rechteckes zu gewährleisten, ist es von Vorteil, wenn im reflektierten Strahlengang zwischen Strahlteilerspiegel oder -würfel und optoelektrischem Wandler wenigstens eine Zylinderlinse angeordnet ist, deren Zylinderachse parallel zur Rechtecklängsseite verläuft.

Vielfach ist es notwendig, den Strahlquerschnitt zu verkleinern oder zu vergrößern. Dazu ist es von Vorteil im reflektierten Strahlengang zwischen Strahlteilerspiegel oder -würfel und optoelektrischem Wandler ein Telesystem anzuordnen.

Die Verwendung der erfindungsgemäßen Einrichtung ist nicht auf sichtbares Licht beschränkt. Die Art der in der Einrichtung zu verwendenden optoelektrischen Wandler wird von der Wellenlänge des zu messenden Lichtes bzw. der zu messenden elektromagnetischen Strahlung bestimmt. Für den nahen UV-Bereich, den sichtbaren Bereich und den nahen IR-Bereich bis zu einer Wellenlänge von 900 bis 1000 nm können vorteilhaft Halbleiter-Fotoelemente oder Fotomultiplier verwendet werden. Für Wellenlängen oberhalb 1000 nm werden vorteilhaft OEN-Detektoren (OEN = optisch induzierter Ettinghausen-Nernst-Effekt) angewandt. Die Elemente der Strahlteileroptik bestehen in diesem Fall aus Germanium.

Die erfindungsgemäße Einrichtung und ihre Weiterbildung eignen sich besonders zur quantitativen Erfassung der Ausgangsenergie gepulster Gas- und Festkörperlaser und zur Messung der mittleren Ausgangsleistung von Dauerstrichlasern. Es kann dabei sowohl die Energie eines einzelnen Impulses als auch der Mittelwert einer Impulsserie gemessen werden. Bei Verwendung einer Strahlteileroptik kann die Messung automatisch während des mit dem Laser vorgenommenen Bearbeitungsvorganges erfolgen. Eine zusätzliche Meßzeit ist nicht nötig.

VPA 9/730/1022 509814/0706

2446610

Bei gepulsten Lasern kann die Triggerung der Einrichtung durch den Strahl selbst erfolgen. Eine Synchronisation der Lasersteuerung ist dann nicht nötig. Die Erfindung kann zum Regler für den Laser erweitert werden. Die durch Blitzlampenalterung bedingte, im Laufe der Zeit nachlassende Pumpenergie kann automatisch ausgeregelt werden. Eine eventuell notwendige Nachjustierung des Laserresonators auf maximale Ausgangsenergie kann von Hand oder über den Regler vorgenommen werden. Das normale Verfahren, bei dem die Justierung mit Hilfe eines Autokollimationsfernrohres bei ausgeschalteter Maschine vorgenommen wird, entfällt damit. Bei Dauerstrichlasern kann die Triggerung der Einrichtung durch die Steuerung des Lasernetzgerätes erfolgen. Die erfindungsgemäße Einrichtung ist nicht auf Laserlicht beschränkt, sondern eignet sich generell zur Messung der Energie von Lichtimpulsen oder der mittleren Leistung von Dauerlicht. Außerdem können bei Einsatz geeigneter Wandler auch andere Energieformen beispielsweise auch Ultraschallstöße gemessen und ausgewertet werden. Weitere Vorteile der erfindungsgemäßen Einrichtung liegen in ihrem rein elektronischen Aufbau und der daraus resultierenden Schaltschnelligkeit. Die Messung erfolgt quasikontinuierlich; unmittelbar nach Ende der Meßzeit liegt ein neuer Meßwert vor.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Figuren erläutert.

Figur 1 zeigt das Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Einrichtung

Figur 2 zeigt Spannungsdiagramme über die Zeit t .

Figur 3 zeigt einen schaltungsmäßigen Aufbau des Integrators des Momentanwertspeicherpaares und der Triggerschaltung.

Figur 4 zeigt das Blockschaltbild eines Langzeitreglers wie einen gepulsten Festkörperlaser.

Figur 5 zeigt das Blockschaltbild eines Leistungsmeßgerätes für einen CO₂-Laser.

Figur 6 zeigt eine Strahlteileroptik

In der Figur 1 ist in einem Blockschaltbild eine erfindungs-

gemäße Einrichtung dargestellt, wobei der gestrichelt umrandete Blockteil 1 den wesentlichen Teil der Elektronikeinrichtung bildet. Der Blockteil 1 setzt sich dabei aus dem optoelektrischen Wandler 2 mit der lichtempfindlichen Fläche 12, dem nachgeschalteten Integrator 4 und dem mit dem Ausgang des Integrators verbundenen Momentanwertspeicherpaar 20 mit der Samplestufe 5 und der Holdstufe 6 zusammen. Eine eingangsseitig mit einem Taktgeber verbundene Triggerschaltung 7 sorgt für die Steuerung des Integrators und des Momentanwertspeicherpaares. Zwischen dem optoelektrischen Wandler 2 und dem Integrator 4 ist ein Strom-Spannungswandler 3, vorzugsweise mit Verstärkerwirkung, geschaltet. Das Erfordernis eines solchen Strom-Spannungswandlers hängt lediglich vom Ausgangssignal des optoelektrischen Wandlers ab. Beispielsweise kann ein solcher Spannungswandler bei Verwendung eines Fotomultipliers entfallen. Der Eingang der Triggerschaltung 7 ist in der Figur 1 mit dem Eingang des Integrators verbunden. Diese Verschaltung wird bei der Messung der Energie von Lichtimpulsen angewandt. Sie hat den Vorteil, daß eine externe Triggerung entfallen kann. Die Lichtimpulse selbst triggern die Elektronikeinrichtung. Der optoelektrische Wandler bildet selbst den Taktgeber. Der Ausgang des Momentanwertspeicherpaares ist an ein geeichtes Meßgerät 10 angeschlossen, welches den zur Ausgangsspannung des Momentanwertspeichers gehörenden Energiewert anzeigt. An diesem Meßgerät kann die Energie des Einzelimpulses abgelesen werden. Weiter ist an den Ausgang des Momentanwertspeichers ein Mittelwertbildner 8 angeschlossen, der ausgangsseitig ebenfalls mit einem geeichten Meßgerät 11 verbunden ist. Der Mittelwertbildner mittelt über eine Reihe von Impulsen und am Meßgeräte 11 kann andauernd der mittlere Energiegehalt der vorhergehenden Impulse abgelesen werden. Mit einem an einen Ausgang der Triggerschaltung 7 angeschlossenen Meßgerät 9 kann das Auftreffen von einzelnen Impulsen überwacht und registriert werden. Zur Messung kann die fotoempfindliche Fläche 12 unmittelbar an den Hauptstrahlengang des zu messenden Lichts gebracht werden. Beispielsweise kann das so geschehen, daß die lichtempfindliche Fläche der

emittierenden Quelle zugewandt wird. Vorteilhaft ist es jedoch, insbesondere bei Messungen an Lasern, den Hauptstrahlengang nicht zu unterbrechen. Vorteilhaft eignet sich dazu eine Strahlteileroptik. Die Messung kann dabei im durchgehenden oder reflektierten Licht erfolgen. In der Figur 1 ist eine solche Strahlteileroptik, die sich für Laserstrahlen eignet, dargestellt. Sie besteht aus der Hintereinanderschaltung eines unter 45° zur Strahlrichtung des Laserstrahls 17 geneigten Strahlteilerspiegels oder -würfel 13 mit großem Durchlaß (beispielsweise 95%), einer Streuscheibe 14 und eines Graufilters 15. Gemessen wird im reflektierten Strahl 18. Die Notwendigkeit und Art einer zwischen Strahlteilerspiegel und/oder -würfel und fotoempfindlicher Fläche angeordneten Optik hängt von der Art des optoelektrischen Wandler von der Form dessen fotoempfindlicher Fläche und der Art des zu messenden Lichtes ab. Bei Verwendung von Fotoelementen oder Fotomultipliern ist es von Vorteil, wenn die fotoempfindliche Fläche möglichst gleichmäßig ausgeleuchtet und belastet wird. Dies wird durch die Streuscheibe 14 erreicht. Sie gleicht örtlich verschiedene Intensitäten des Strahles aus. Außerdem ist es möglich, durch Variation des Abstandes der fotoempfindlichen Flächen zur Streuscheibe die Leistungsdichte zu steuern. Die Streuscheibe kann beispielsweise aus Keramik oder Al_2O_3 bestehen. Das Graufilter 15 ist nur bei großen Intensitäten in den Strahlengang einzubringen, wenn die Gefahr besteht, daß der optoelektrische Wandler übersteuert wird. Es kann an beliebiger Stelle zwischen Strahlteilerspiegel und/oder -würfel und fotoempfindlicher Fläche angebracht werden und hat die Aufgabe die Lichtintensität herabzumindern. In der Figur 1 ist in der rückwärtigen Verlängerung des reflektierten Strahles 18 eine Abdeckung 16, beispielsweise ein Spiegel angebracht, die den Austritt eines nach rückwärts reflektierten Strahles verhindert. Hinsichtlich der Anordnung des Strahlteilerspiegels oder -würfels ist bei polarisiertem Licht auf den Einfluß der Polarisationsrichtung zu achten.

Anhand der Figur 2 sei die Wirkungsweise der in Figur 1 dargestellten Einrichtung beschrieben. In Figur 2 sind Spannungsdiagramme I bis IV über die Zeit t aufgetragen. Das Diagramm

609814/0706

I zeigt zwei vom Ausgang des optoelektrischen Wandlers abgegebene, durch rechteckförmige Lichtimpulse erzeugte Spannungsimpulse. Die Annahme von rechteckförmigen Impulsen dient lediglich zur Vereinfachung und stellt keine Einschränkung der Allgemeinheit dar. Für eine genaue Messung der Energie eines Impulses ist es von Bedeutung, daß die Übertragungscharakteristik des optoelektrischen Wandlers linear ist, d.h. daß die augenblickliche Ausgangsspannung zur augenblicklich einfallenden Intensität proportional ist. Die Linearität kann wie schon erwähnt durch Herabmindern der Intensität in einen linearen Bereich (Graufilter) oder durch eine geeignete nicht-lineare Nachverstärkung erreicht werden. Die Impulse I gelangen auf die Triggerschaltung und auf den Signaleingang des Integrators. Die Triggerschaltung gibt dabei zu Beginn eines jeden der Impulse I, d.h. zu den Zeitpunkten t_1 und t_3 wenigstens ein Signal ab, welches den Integrator aktiviert, die Samplestufe 5 des Momentanwertspeicherpaars in Aufnahmезustand und die Holdstufe 6 auf Speicherzustand setzt und bei Beendigung eines jeden Impulses, d.h. zu den Zeitpunkten t_2 und t_4 , wenigstens ein Signal ab, welches den Integrator auf 0 zurücksetzt, die Samplestufe auf Speicherzustand und die Holdstufe in Aufnahmезustand setzt. In den Impulsdiagrammen II, III und IV sind die Ausgangsspannungen der drei Stufen in Abhängigkeit von der Zeit t aufgetragen. Im Spannungsdiagramm II sind die Ausgangsspannungen des Integrators aufgetragen. Zum Zeitpunkt t_1 wird der Integrator aktiviert, d.h. er integriert den Eingangsimpuls über die Zeit, wodurch die Spannung zeitlich bis zur Beendigung des Eingangsimpulses ansteigt. Bei Beendigung des Eingangsimpulses, also zum Zeitpunkt t_2 wird der Integrator auf 0 zurückgesetzt und während der folgenden Impulspause auf 0 Volt gehalten. Das Zurücksetzen des Integrators auf 0 bei Beendigung des Eingangsimpulses, also zum Zeitpunkt t_2 ist nicht unbedingt erforderlich muß aber vor Beginn des nächstfolgenden Impulses, also zum Zeitpunkt t_3 erfolgen. Es ist jedoch von Vorteil den Integrator unmittelbar bei Beendigung eines jeden Impulses auf 0 zurückzusetzen und

VPA 9/730/1022

609814/0706

dort zu halten, da die bei Operationsverstärkern unvermeidlichen Offsetströme den Rückkopplungskondensator aufladen und somit einen Fehler erzeugen, der beträchtlich sein kann und von Impuls zu Impuls weitergegeben wird. Bei Beginn des nächstfolgenden Impulses, also zum Zeitpunkt t_3 wird der Integrator erneut aktiviert und bei Beendigung des Impulses, also zum Zeitpunkt t_4 wieder auf 0 zurückgesetzt und gehalten. Bei Beginn eines jeden Impulses wird gleichzeitig mit dem Integrator die Samplestufe auf Aufnahmезustand gesetzt und bei jedem Zurücksetzen des Integrators auf Speicherzustand gesetzt. Die Ausgangsspannung der Samplestufe ist im Spannungsdiagramm III dargestellt. Sie folgt in der aktiven Phase des Integrators, also zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 bzw. t_3 und t_4 dessen Ausgangsspannung und bleibt in dessen inaktiver Phase, also zwischen t_2 und t_3 auf dem zuletzt erreichten Spannungswert. Die Ausgangsspannung der Samplestufe entspricht nur in der Impulspause dem gesuchten Zeitintegral des Impulses über die Impulszeit. Sie kann deshalb nicht zu einer Mittelwertbildung herangezogen werden. Es wird deshalb an die Samplestufe eine Holdstufe angeschlossen, die im Gegenteil zu dieser betrieben wird. Die Ausgangsspannung der Holdstufe zeigt das Spannungsdiagramm IV. Sie wird zu Beginn der inaktiven Phase des Integrators in Aufnahmезustand gesetzt, nimmt die Ausgangsspannung der Samplestufe auf und wird zu Beginn der aktiven Phase des Integrators auf Speicherzustand gesetzt und speichert diesen Wert während der aktiven Phase des Integrators.

Anhand der Figur 3 sei eine Realisierungsmöglichkeit einer erfindungsgemäßen Einrichtung näher beschrieben und erläutert.

Der Integrator 4 besteht aus dem Operationsverstärker 41 dem Eingangswiderstand 42 und dem Rückkopplungskondensator 43. Um ein Aufladen des Integrators 4 in der Impulspause zu vermeiden, und um die Weitergabe des Fehlers zu verhindern, wird der Integrator wie schon erwähnt, in den Impulspausen immer wieder auf 0 Volt gesetzt und gehalten. Dies kann durch Kurzschließen des Rückkopplungskondensators

609814/0706

2446610

43 oder durch Verbinden des Integratorsausgangs mit dem Bezugspotential mittels eines elektronischen Schalters 44 oder 45 geschehen. Die Schaltmöglichkeit mit Schalter 45 ist gestrichelt angedeutet. Vorteilhaft ist es, die Schalter 44 oder 45 durch je ein komplementäres Feldeffekttransistorpaar zu realisieren, da dann der Integrator sowohl für positive als auch für negative Spannungen verwendet werden kann und außerdem heben sich die Steuerströme und die beim Schalten auftretenden kapazitiven Spannungsschöße angenähert auf. Die Sample- und Holdstufe 5 und 6 bestehen jeweils aus den Operationsverstärkern 51 und 61 mit einfacher Rückkopplung den Speicherkondensatoren 52 und 62 und den Schaltern 53 und 63. Die Speicherkondensatoren 52 und 62 sind zwischen dem freien Eingang der Operationsverstärker 51 und 61 und dem Bezugspotential, beispielsweise Masse, geschaltet, die Schalter 53 und 63 sind den Eingängen der Operationsverstärker 51 und 61 vorgeschaltet. Die Triggerschaltung 7 besteht aus zwei in Serie geschalteten Kippstufen, bei der die zweite Kippstufe das invertierte Signal der ersten Kippstufe abgibt. Der Ausgang einer Kippstufe steuert dabei die Schalter 44 und 63 des Integrators und der Holdstufe, während der Ausgang der anderen Kippstufe den Schalter 53 der Samplestufe steuert. Die einzelnen Kippstufen der Triggerschaltung 7 können wie in Figur 3 angedeutet mittels zweier in komplementärer Weise einfach rückgekoppelten Operationsverstärkern 71 und 72 realisiert werden. Die Schalter 53 und 63 der Sample- und Holdstufe werden vorteilhaft durch Feldeffekttransistoren realisiert. Vorzugsweise werden sämtliche Bauelemente aus integrierten Operationsverstärkern realisiert.

In der Figur 4 ist das Blockschaltbild eines Langzeitreglers für einen gepulsten Festkörperlaser dargestellt. Dieser Langzeitregler besteht aus der Zusammenschaltung der Elektro-nikeinrichtung 1 mit einem Dreipunktregler. Der Dreipunktregler besteht im wesentlichen aus der Hintereinanderschaltung eines Differenzverstärkers 41 eines Dreipunktschalters 42 und eines Einstellpotentiometers 43. Das Ausgangssignal des Mittelwertbildners 8 gelangt über einen Meßverstärker 45, der nur positive Eingangsspannungen überträgt auf einen

Eingang des Differenzverstärkers 41. Der Differenzverstärker vergleicht das Mittelwertsignal mit dem von einem Sollwertgeber 46 gelieferten Signal und gibt am Ausgang ein der Reglerabweichung entsprechendes Signal ab. Am Differenzverstärker 41 kann auch die Regelverstärkung eingestellt werden. Die Regelabweichung kann auf einem Instrument 47 abgelesen werden. Die der Regelabweichung proportionale Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 41 wird von einem Drei-Punktschalter 42 mit einstellbarem Kippwert und einstellbarer Hysterese verarbeitet. Über zwei vom Dreipunktschalter gesteuerte Relais wird ein Motor 48 angetrieben, der das Potentiometer 43, welches die in einer LC-Kette 49 gespeicherte Energie über ein Netzgerät 491 einstellt, betätigt. Die jeweilige Stellung des Potentiometers 43 kann an einem Meßgerät 431 angezeigt und abgelesen werden. Der Langzeitregler dient vorzugsweise zur Ausrichtung der durch Blitzlampenalterung bedingten, im Laufe der Zeit nachlassenden Pumpenergie. Bei der Einstellung des Langzeitreglers kann so vorgegangen werden, daß die günstigste Energieeinstellung anhand von Versuchsergebnissen ermittelt wird. Dazu dient ein Schalter "Auto-Manuell" 421. Über diesen Schalter kann von Hand durch ein Betätigungsteil 422 die günstigste Energieeinstellung vorgenommen werden. Anschließend wird der Schalter 421 auf Regelbetrieb gestellt und der Regler arbeitet. Zwischen dem Mittelwerkbildner 8 und dem Meßverstärker 45 ist in der Figur 4 ein Umschalter 81 angebracht, der es erlaubt, von Energieeinzelswert auf Energiemittelwert umzuschalten. Diese Werte können jeweils an einem Meßgerät 110, welches an den Ausgang des Meßverstärkers 45 angeschlossen ist, abgelesen werden. Die Elektronikeinrichtung 1 wird von den Laserimpulsen selbst getriggert. Die Elektronikeinrichtung und der Regler werden über die mit 400 und 401 bezeichneten Netzgeräte versorgt. Als optoelektrischer Wandler 12 dient ein Fotoelement. Der mit 403 bezeichnete Laser wird über einen Zündquader 404, der eingangsseitig mit der LC-Kette verbunden ist, gesteuert. Als Strahlteileroptik wird die bereits in Figur 1 beschriebene Optik verwendet. Wird eine Regelung nicht gewünscht, so kann der Regelkreis mittels Schalter 421 abgetrennt werden. Die Energie wird dann von Hand eingestellt. Zur Energie-

609814/0706

VPA 9/730/1022

-12-

2446610

messung kann dabei das Gerät weiter benutzt werden.

In der Figur 5 ist schematisch im Blockschaltbild eine Leistungsmeßanlage für einen CO₂-Laser dargestellt. Mit der Anlage können beispielsweise drei Laser L_I bis L_{III} überwacht werden. Die Anlage wird praktisch so aufgebaut, daß sich beim Bedienungsplatz B_I bis B_{III} eines jeden Lasers ein optoelektrischer Wandler 121 bis 123 und ein Anzeigeinstrument 55 bis 57 befinden, während die Elektronikeinrichtung 1 für alle Laser gemeinsam verwendet wird. Die Versorgung erfolgt über die Lasernetzgeräte I₁ bis III₁. Die Triggerung der Elektronikeinrichtung 1 erfolgt im Meßbetrieb durch die Lasersteuerungen I₂ bis III₂ über Zeitstufen 50, während sie beim Justieren über einen Taktgenerator 50 erfolgt. Das Umschalten vom Justierbetrieb auf Meßbetrieb erfolgt über einen Schalter 520. Über einen Umschalter 530 kann der jeweils gewünschte Laser an die Elektronikeinrichtung 1 angeschaltet werden. Die Triggerimpulse weisen konstante Impulsdauer auf, so daß der Integrator mit konstanter Integrationszeit arbeitet. Dadurch ermittelt der Integrator den leistungsproportionalen Mittelwert der leistungsproportionalen Eingangsspannung. Die Mittelwertbildung ist notwendig, um eine 100 Hz Modulation der Laserleistung auszugleichen, die durch die Erzeugung der Gleichspannung aus der Netzspannung bedingt ist. Die Meßzeit beginnt 100 ms nach Beginn des Laserimpulses und ist 250 ms lang. Die Zeit von 100 ms wird deshalb eingeführt, weil einmal die Laserleistung zu Beginn des Pulses überschwingt und zum anderen der zu verwendende Detektor eine relativ große thermische Zeitkonstante hat. Nach 100 ms ist das ganze System eingeschwungen. Da das Ein- und Ausschalten des Integrators von elektronischen Schaltern vorgenommen wird (s. Fig. 3) spielt die Trägheit des Detektors keine Rolle. Das Ausgangssignal der Elektronikeinrichtung wird über einen Meßverstärker 54 auf die Anzeigeinstrumente bis 57, die an den Bedienungsplätzen B_I bis B_{III} angebracht sind, gegeben. Als optoelektrische Wandler 121 bis 123 dienen OEN-Detektoren (optisch induzierter Ettinghausen-Nernst-Effekt). Die Ausgangsspannung dieser OEN-Detektoren beträgt leistungsabhängig einige mV. Um auf den für die

VPA 9/730/1022

609814/0706

weitere Verarbeitung notwendigen Spannungsbereich von einigen Volt zu kommen, muß das Signal deshalb von einem Vorverstärker 31 bis 33 etwa tausenfach verstärkt werden. Um Einstreuungen auf der Leitung zwischen Detektor und Vorverstärker zu vermeiden, ist der Vorverstärker in der Nähe des Detektors anzubringen. Nur das gegen Einstreuungen unempfindliche, verstärkte Signal wird zur Elektronikeinrichtung weitergeleitet. Außerdem kann durch Verstellen der Verstärkung ein unterschiedlicher Aufbau der Strahlteileroptik auf einfache Art korrigiert werden, so daß bei gleicher Eingangsleistung die Ausgangsleistung aller Meßköpfe gleich ist.

In der Figur 6 ist eine Strahlteileroptik für die in Figur 5 beschriebene Anlage dargestellt. Der Laserstrahl trifft vom Laser herkommend auf eine unter 45° zur Strahlrichtung geneigten Germaniumplatte 610, an der ein geringer Teil (etwa 1-5%) der Laserausgangsleistung abgelenkt wird. In einem aus einer Sammellinse 620 und einer Zerstreuungslinse 630 bestehenden Telesystem wird der Durchmesser des parallelen Strahlenbündels reduziert. Von einer nachfolgenden Zylinderlinse 640 wird der Strahl in einer Richtung aufgeweitet (Höhe des OEN-Detektors), so daß die gesamte empfindliche Fläche des OEN-Detektors bestrahlt wird. Die Linsen 620 bis 640 bestehen vorzugsweise aus Germanium.

14 Ansprüche

6 Figuren

VPA 9/730/1022

609814/0706

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Einrichtung zur quantitativen Messung der Energie von Lichtimpulsen oder der mittleren Leistung von Dauerlicht, insbesondere von Gas- und Festkörperlasern mit wenigstens einem, im Strahlengang des Lichtes angeordneten optoelektrischen Wandler und mit einer an dessen Ausgang angeschlossenen Elektronikeinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektronikeinrichtung wenigstens einen auf Null rücksetzbaren Integrator (4) und wenigstens ein als Sample- und Holdstufe arbeitendes Momentanwertspeicherpaar (20) aufweist, wobei der Ausgang des optoelektrischen Wandlers erforderlichenfalls über einen Strom-Spannungswandler und/oder einen Spannungsverstärker mit einem Signaleingang des Integrators und der Ausgang des Integrators mit einem Signaleingang des Momentanwertspeicherpaares verbunden ist, und daß eine Triggerschaltung (7) vorhanden ist, deren Eingang an einem Impulsgeber angeschlossen ist und die ausgangsseitig mit Steuereingängen des Integrators und des Momentanwertspeicherpaares verbunden ist, wobei die Triggerschaltung zu Beginn eines jeden vom Impulsgeber erzeugten Impulses wenigstens ein Signal abgibt, welches den Integrator aktiviert, die Samplestufe (5) des Momentanwertspeicherpaares in Aufnahmезustand und die Holdstufe (6) auf Speicherzustand setzt und die bei Beendigung eines jeden Impulses wenigstens ein Signal abgibt, das den Integrator auf Null zurücksetzt, die Samplestufe auf Speicherzustand und die Holdstufe in Aufnahmезustand versetzt.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die aktiven Zustände und die Ruhezustände des Integrators und der Sample- und Holdstufe über elektronische Schalter gesteuert werden, wobei ein erster Schalter (44) parallel zum Rückkopplungskondensator des Integrators ein zweiter Schalter (53) in den Eingang der Samplestufe und ein dritter Schalter (63) in den Eingang der Holdstufe geschaltet ist.

2446610

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Triggerschaltung aus zwei in Reihe geschalteten Kippstufen (71, 72) besteht, wobei die zweite Kippstufe das zur ersten Kippstufe invertierte Signal abgibt und wobei der Ausgang einer Kippstufe mit den elektronischen Schaltern des Integrators und der Samplestufe und der Ausgang der anderen Kippstufe mit dem elektronischen Schalter der Holdstufe verbunden ist.
4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß der Impulsgeber Impulse von konstanter Impulsdauer erzeugt.
5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß der Eingang der Triggerschaltung an den Signaleingang des Integrators angeschlossen ist.
6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß an den Ausgang des Momentanwertspeicherpaares ein Mittelwertbildner (8) angeschlossen ist.
7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß der optoelektrische Wandler im reflektierten Strahlengang einer im Strahlengang des zu messenden Lichtes angeordneten, aus wenigstens einem Strahlteilerspiegel oder -würfel (13) bestehenden Strahlteileroptik angeordnet ist.
8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Strahlteileroptik eine Streuscheibe (14) und ein Graufilter (15) aufweist, die beide zwischen Strahlteilerspiegel oder -würfel und dem optoelektrischen Wandler im reflektierten Strahlengang angeordnet sind.
9. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß im reflektierten Strahlengang

VPA 9/730/1022609814/0706

2446610
zwischen Strahlteilerspiegel oder -würfel und opto-
elektrischem Wandler wenigstens eine Zylinderlinse ange-
ordnet ist.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t , daß im reflektierten
Strahlengang zwischen Strahlteilerspiegel oder -würfel
und optoelektrischem Wandler ein Telesystem angeordnet ist.
11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t , daß der optoelektrische
Wandler ein Fotomultiplier ist.
12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t , daß der optoelektrische
Wandler ein Halbleiter-Fotoelement ist.
13. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t , daß der optoelektrische
Wandler ein OEN-Detektor ist.
14. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10 und An-
spruch 13, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß
die Elemente der Strahlteileroptik aus Germanium be-
stehen.

VPA 9/710/1022

609814/0706

A7
Leerseite

6/4
74/7206

GO1J 1-44 AT: 30.09.1974 OT: 01.04.1976

2446610 *

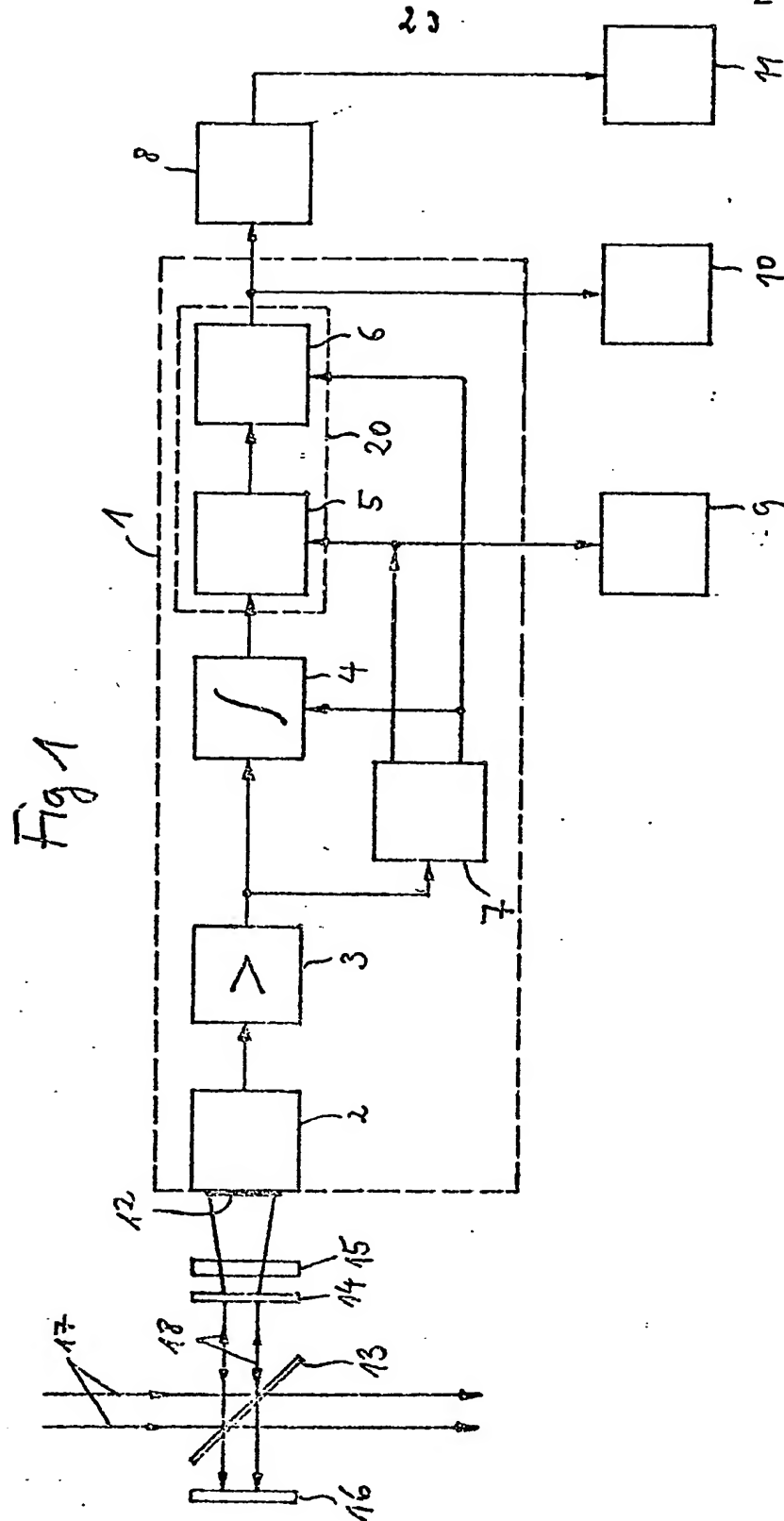


Fig 2

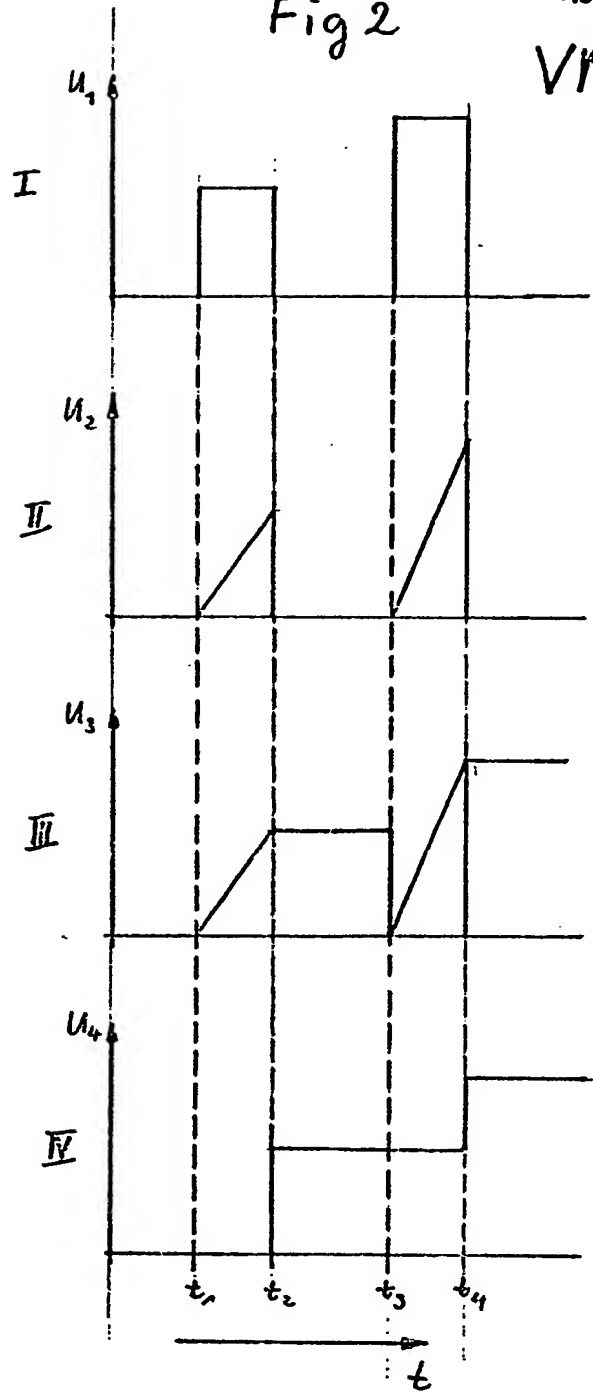
-18-

VPA

74/7206

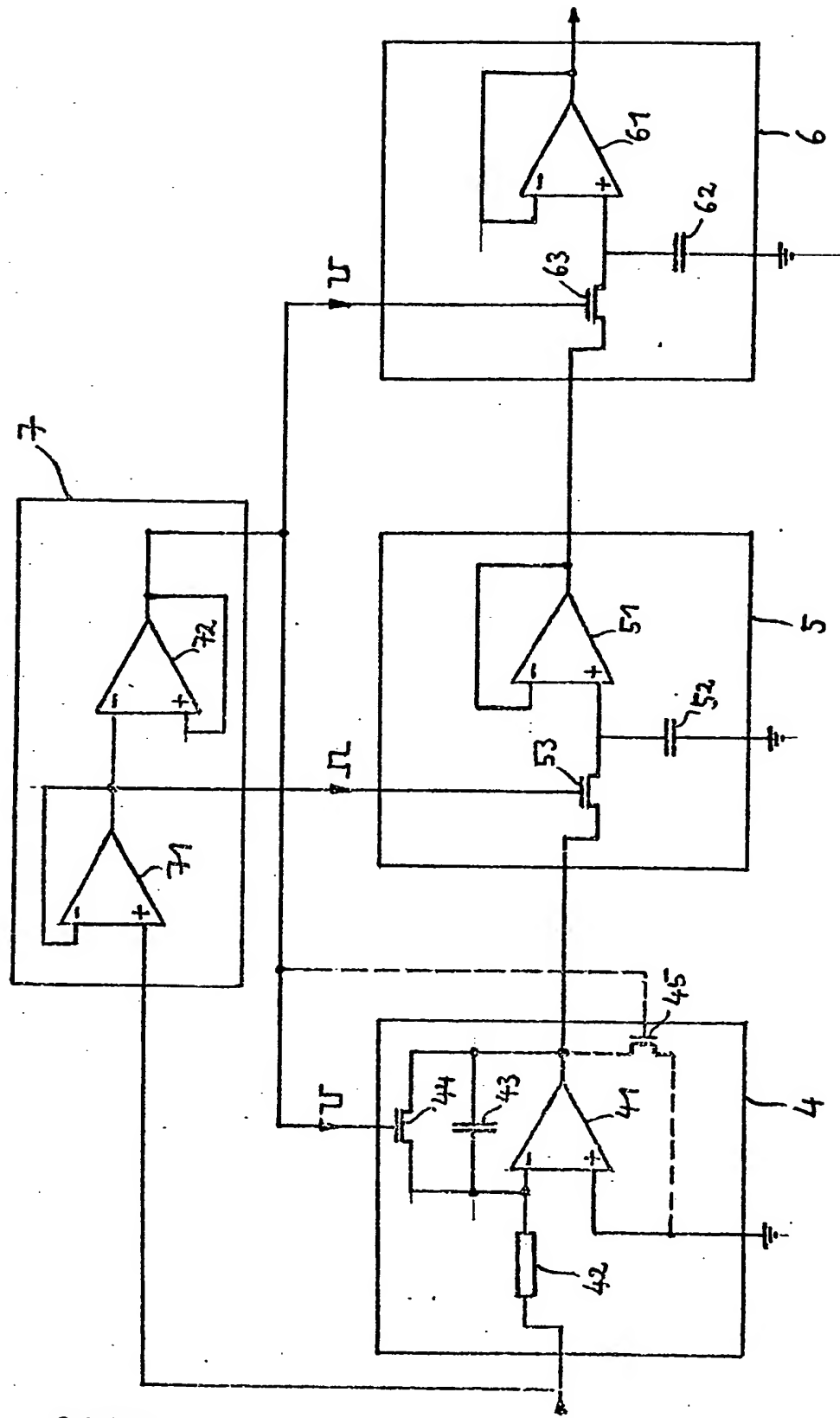
6/2

2446610



609814/0706

Fig 3



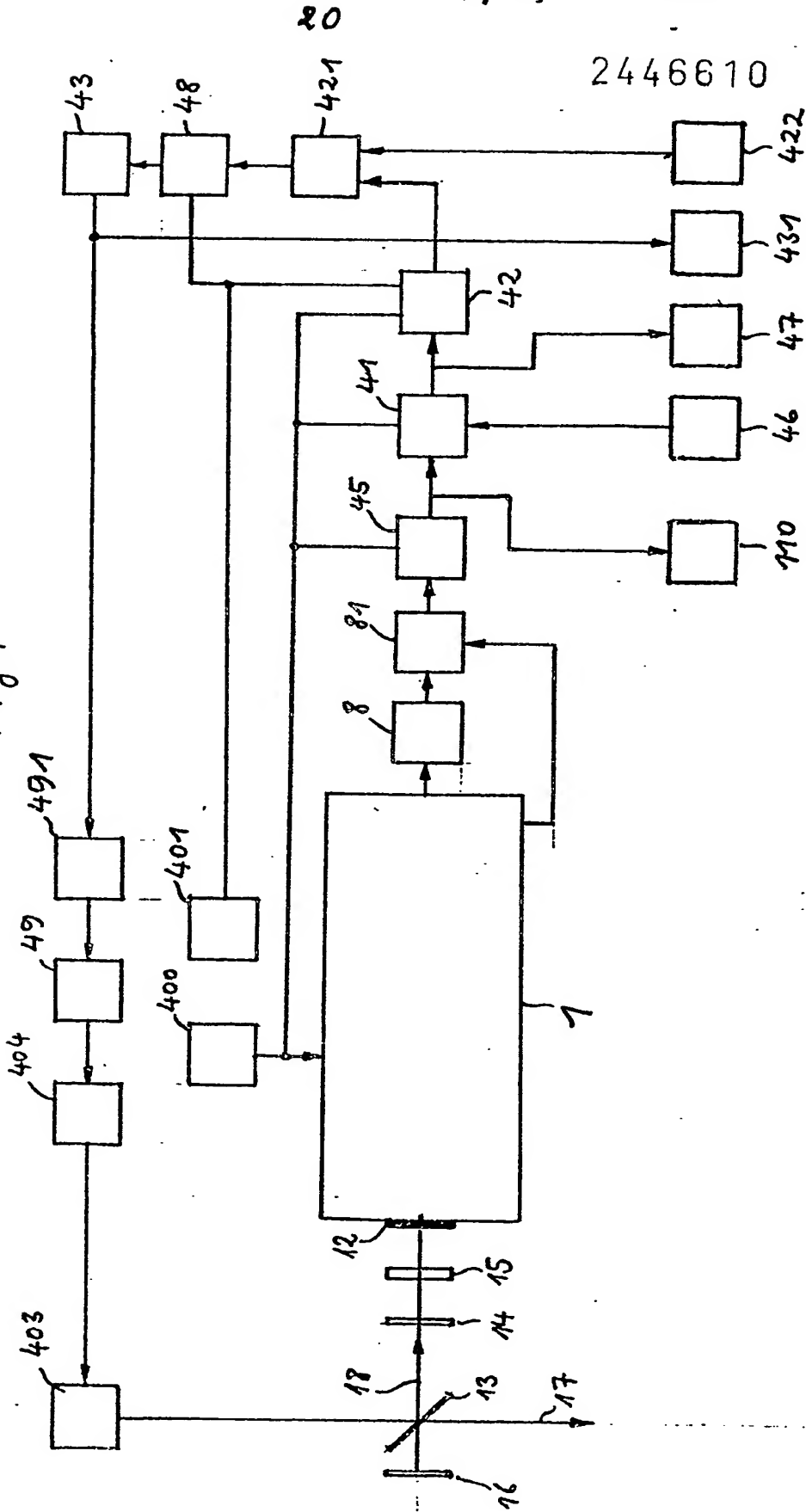
609814/0706

VPA

74/7206

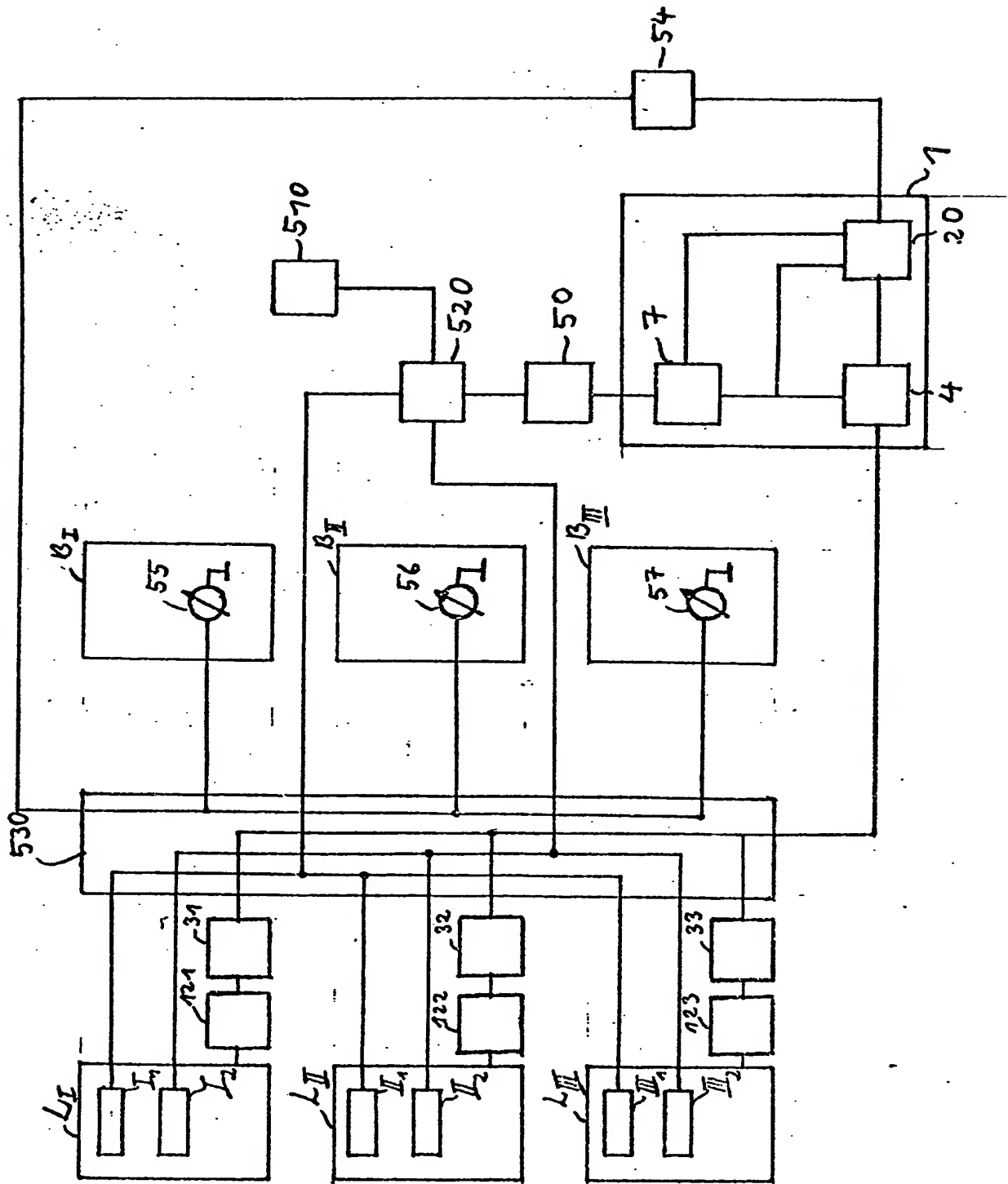
6/4

Fig 4



609814/0706

Fig 5



22

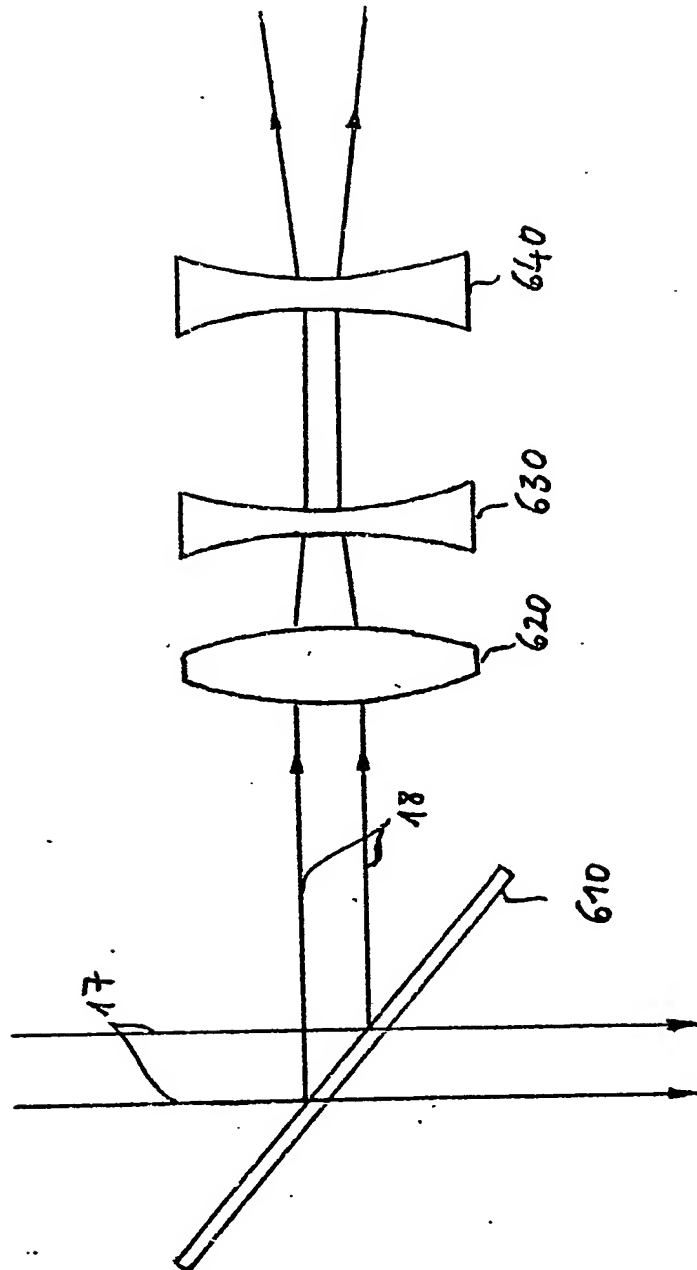
VPA.

74/7206

6/6

2446610

Fig 6



609814/0706